

# КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕЖМЫШЕЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ У СПОРТСМЕНОВ

УДК/UDC 796.01:612

Поступила в редакцию 25.04.2016 г.



Информация для связи с автором:  
g-ponomarev@inbox.ru

Кандидат медицинских наук, доцент **С.В. Власова**<sup>1</sup>  
Доктор медицинских наук, доцент **В.И. Ходулев**<sup>2</sup>  
Доктор педагогических наук, профессор **Г.Н. Пономарев**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Полесский государственный университет, Пинск

<sup>2</sup> Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии, Минск

<sup>3</sup> Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

## ELECTROMYOGRAPHIC RATES TO QUANTIFY INTER-MUSCULAR INTERACTIONS IN ATHLETES

PhD, Associate Professor **S.V. Vlasova**<sup>1</sup>

Dr.Med., Associate Professor **V.I. Khodulev**<sup>2</sup>

Dr.Hab., Professor **G.N. Ponomarev**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Polessk State University, Pinsk

<sup>2</sup> Republican Research and Clinical Center of Neurology and Neurosurgery, Minsk

<sup>3</sup> Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg

### Аннотация

В статье рассмотрены вопросы нейромускульной деятельности спортсменов-гребцов. Исследованы 48 спортсменов, занимающихся греблей академической. Регистрировались биоэлектрические потенциалы с моторных точек двуглавой и трехглавой мышц плеча у спортсмена-гребца с помощью поверхностной электромиографии при выполнении стандартизированной программы движений с дозированной нагрузкой на гребном тренажере Concept-II во время учебно-тренировочных сборов. Проанализированы электромиографические паттерны исследуемых мышц плеча при выполнении специфической работы на гребном тренажере. Выявлены закономерности и обоснован способ количественной электромиографической оценки согласованности сокращения и расслабления двуглавой и трехглавой мышц плеча. Разработанный метод позволяет объективизировать и количественно оценить согласованность работы двуглавой и трехглавой мышц плеча, что значительно повышает эффективность динамического контроля и коррекции учебно-тренировочных нагрузок, а также может быть использовано для решения экспертных вопросов и вопросов отбора на этапах спортивной карьеры.

**Ключевые слова:** биоэлектрическая активность, электромиография, межмышечное взаимодействие, гребля, экспертно-реабилитационная диагностика, адаптация.

### Annotation

The article explores some matters of neuromuscular activity of rowers. Subject to the study were 48 athletes engaged in rowing. The study was designed to read bioelectric potentials in motor points of the musculus biceps brachii and musculus triceps brachii of the subject athletes, with the skin electromyography tests being applied to obtain the data profiles of the athletes performing the standard motor sequences with rated workloads on the Concept-II rowing simulator unit during the education-and-training sessions. Subject to the analyses were the electromyographic patterns of the above shoulder muscles under specific workloads on the rowing simulator. The study data gave the means to identify some regularities and offer a quantitative electromyographic rating method to profile the activation/relaxation cycles of the musculus biceps brachii and musculus triceps brachii. The newly developed method makes it possible to obtain objective process rating data and assess the degree of harmonization of the musculus biceps brachii and musculus triceps brachii action/relaxation cycles, the data being beneficial for efficiency improvement of the dynamic process control and the education/training workload management and correction process; moreover, the process rating data may be beneficial for a variety of expert studies and sport selections in different stages of the athletic careers.

**Keywords:** bioelectric activity, electromyography, inter-muscular interactions, expert rehabilitation diagnostics, adaptation.

**Введение.** Современное медицинское сопровождение физической культуры и спорта непрерывно развивается в соответствии с запросами основных потребителей и внедрением инновационных технологий. Модифицируются не только подходы к оценке функционального состояния спортсмена, но и структура взаимодействия в системе мониторинга и экспертно-реабилитационной помощи атлетам, кроме того, изменяются нормы реакции и резервные возможности спортсменов [1, 6, 8].

Спорт вообще и спорт высших достижений в особенности предъявляют особые требования к организму занимающихся и не безразличны для здоровья человека [1, 4, 5].

Следует отметить, что специфика многолетней подготовки и соревновательной деятельности определяет объективные и субъективные трудности проведения отдельных видов мониторинга и их значимость для спортсменов различного уровня подготовленности [2]. Существующая здоровьесберегающая доминанта контроля и коррекции нарушений преимущественно сердечно-сосудистой системы атлетов до настоящего времени снижает значимость других направлений исследований, в том числе нервно-мышечной системы [10].

Между тем согласно данным литературы болезни сердечно-сосудистой системы среди спортсменов различных видов спорта встречаются в 22,7% случаев, а хронические заболе-

вания костно-мышечной системы и соединительной ткани – в 74,3%, заболевания периферической нервной системы в 65,9% преобладают, уступая лишь последствиям перенесенных травм, которые диагностируют у 80% атлетов [9].

Длительные тренировки спортсменов способствуют адаптации всех структур организма, в том числе нейро-мышечных элементов, в процессе выполнения всевозрастающей с течением времени физической нагрузки. Адекватность взаимодействия различных компонентов определяет не только эффективность спортивной деятельности, но и вероятность развития утомляемости, перенапряжения и травм [1, 3, 6, 9].

Это актуализирует проблему изучения особенностей нейромышечного аппарата, особенно в циклических видах спорта, имеющих специфику двигательного стереотипа.

Особое значение для динамического контроля функционального состояния атлетов и коррекции тренировочного процесса, а также отбора на этапах многолетней подготовки приобретают количественные критерии деятельности вышеуказанной системы.

Электромиографическая диагностика является общепризнанным методом оценки нейромышечной активности [7, 8]. Однако спортивная миография до настоящего времени редко используется в системе медико-биологического сопровождения атлетов из-за отсутствия не только специфического оборудования, специалистов и трудоемкости процесса, но и практически значимых для тренеров и спортсменов критериев диагностики работы мышц.

Предлагаемые методики преимущественно акцентируют внимание на частотно-амплитудных характеристиках мышечной деятельности, спектральной мощности, средней частоте спектра паттернов полученных электромиограмм и не учитывают взаимодействия различных элементов системы [7, 8]. Кроме того, исследования спортсменов проводятся преимущественно вне специфической нагрузки, что снижает ценность получаемых данных.

**Цель исследования** – совершенствование экспертно-реабилитационной диагностики спортсменов на основе изучения количественных показателей согласованности работы мышц плеча гребцов при выполнении ими специфической работы.

**Методика и организация исследования.** В исследовании при информированном согласии приняли участие 48 спортсменов, занимающихся греблей академической.

Исследования проводились в учебно-медицинском центре и на гребной базе Полесского государственного университета, а также на других базах проведения учебно-тренировочных сборов вышеуказанного контингента обследуемых с использованием 4-канального электромиографа с функциями исследования вызванных потенциалов «Нейро-МВП-4» компании «Нейрософт» (Россия).

Регистрировали биоэлектрические потенциалы с моторных точек двуглавой и трехглавой мышц плеча у спортсмена-гребца с помощью поверхностной электромиографии. Поверхностные отводящие электроды с фиксированным (3,5 см) межэлектродным расстоянием специальным образом крепились при помощи пластин и резиновых лент на плече атлетов. Эффективность крепления контролировалась по индикаторам соответствующей панели программы. Референтные электроды располагали дистально над областью сухожилий этих мышц соответственно. Заземляющий электрод накладывали на область предплечья. Регистрация суммарной электромиограммы производилась одновременно с выполнением стандартизированной программы движений с дозированной нагрузкой на гребном тренажере CONCEPT-II.

Нулевую гипотезу об отсутствии различий между наблюдаемым распределением признаков и теоретически ожи-

даемым нормальным распределением проверяли с использование *W*-критерия Шапиро–Уилка. Гипотезу об отсутствии различий между сравниваемыми группами в целом проверяли с использованием дисперсионного анализа («ANOVA»), а для множественных сравнений данных групп спортсменов различной квалификации в системе апостериорного анализа (Post-hoc analysis) использовали тест Ньюмена–Кейлса (Newman–Keuls) с учетом поправки Бонферрони (Bonferroni approach).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Выполнение гребковых движений на тренажере CONCEPT-II сопровождается сгибанием и разгибанием предплечья в локтевом суставе, выполняемых циклически. При адаптации к физической нагрузке попеременная активация сгибателей и разгибателей предположительно должна изменяться в сторону экономизации усилий спортсмена.

Согласованность сокращения и расслабления двуглавой и трехглавой мышц плеча – это длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча при сгибании и разгибании предплечья, которая отражает совершенствование центральной регуляции двигательной активности (авторское определение).

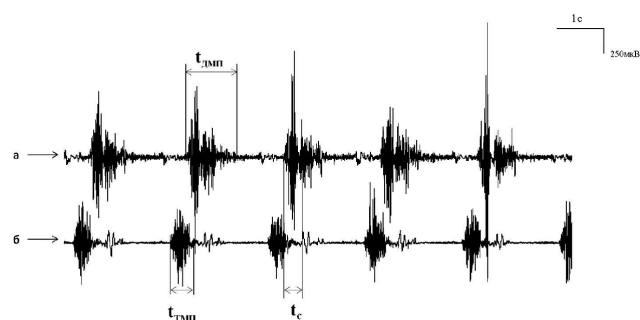
При выполнении специфических движений на гребном тренажере с дозированной нагрузкой на уровне 280–320 Вт и коэффициентом аэродинамического сопротивления 6,5 единицы количественно в миллисекундах была определена длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча спортсмена-гребца.

Было выявлено, что у гребцов, имеющих высокие спортивные результаты, длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения мышц была менее 300 мс (рис. 1), что обозначено нами как высокая степень согласованности сокращения и расслабления двуглавой и трехглавой мышц плеча.

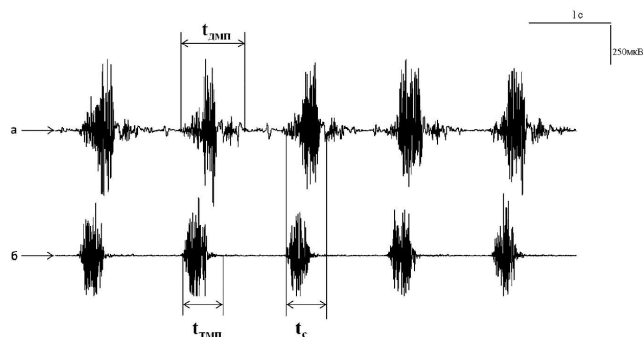
Спортсмены с умеренной степенью совпадения биоэлектрической активности имели длительность совпадения по времени от 400 до 700 мс (рис. 2).

При значениях более 700 мс у спортсменов наблюдалась низкая степень согласованности мышц (рис. 3).

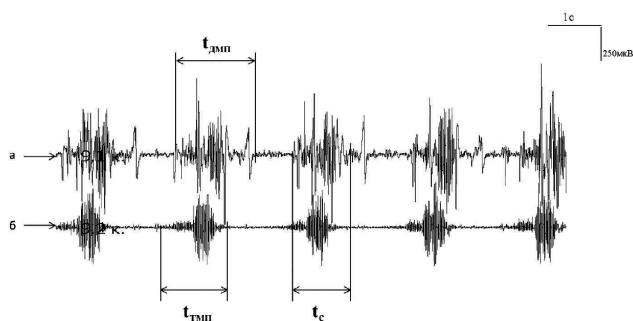
**Выводы.** Авторами разработан способ количественной электромиографической оценки согласованности сокращения и расслабления двуглавой и трехглавой мышц плеча у спортсмена-гребца.



**Рис. 1.** Электромиограммы биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча спортсмена Л., мастера спорта международного класса, где а – электромиограмма, записанная с двуглавой мышцы плеча; б – электромиограмма, записанная с трехглавой мышцы плеча;  $t_{дмп}$  – время сокращения двуглавой мышцы плеча;  $t_{тмп}$  – время сокращения трехглавой мышцы плеча;  $t_c$  – длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча. При анализе электромиограммы  $t_c = 218$  мс – высокая степень согласованности



**Рис. 2.** Электромиограммы биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча спортсмена Т., кандидата в мастера спорта по гребле академической, где а – электромиограмма, записанная с двуглавой мышцы плеча; б – электромиограмма, записанная с трехглавой мышцы плеча;  $t_{\text{дмп}}$  – время сокращения двуглавой мышцы плеча;  $t_{\text{с}}$  – время сокращения трехглавой мышцы плеча;  $t_{\text{с}}$  – длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча. При анализе электромиограммы  $t_{\text{с}} = 425$  мс – умеренная степень согласованности



**Рис. 3.** Электромиограммы биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча спортсмена Н. без разряда по гребле академической, где а – электромиограмма, записанная с двуглавой мышцы плеча; б – электромиограмма, записанная с трехглавой мышцы плеча;  $t_{\text{дмп}}$  – время сокращения двуглавой мышцы плеча;  $t_{\text{с}}$  – время сокращения трехглавой мышцы плеча;  $t_{\text{с}}$  – длительность совпадения по времени биоэлектрической активности сокращения двуглавой и трехглавой мышц плеча. При анализе электромиограммы  $t_{\text{с}} = 1030$  мс – низкая степень согласованности

Метод позволяет объективизировать и количественно оценить согласованность работы двуглавой и трехглавой мышц плеча у спортсмена-гребца, что значительно повышает эффективность динамического контроля и коррекции учебно-тренировочных нагрузок, а также может быть использован для решения экспертных вопросов и вопросов отбора на этапах спортивной карьеры.

#### Литература

- Бабаев М.А. Особенности профессиональной спортивной деятельности и риск развития ускоренного старения [Текст] / М.А. Бабаев и др. // Успехи геронтологии. – 2010. – № 4. – С. 652-656.
- Власова С.В. К вопросу о спортивном долголетии [Текст] / С.В. Власова // Здоровье для всех: Матер. V междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 25-26 апреля 2013 г.: в II ч. / Национальный банк Республики Беларусь [и др.]; редкол. К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2013. – Ч. II. – С. 153-156.
- Власова С.В. Нейрофизиологические аспекты адаптации спортсменов к физической нагрузке [Текст] / С.В. Власова, В.В. Шантарович, Е.Г. Каллаур // Адаптаційні можливості дітей та молоді: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 95-річчю утворення кафедри біології і основ здоров'я ПНПУ імені К.Д. Ушинського, Одеса, 11-12 верасня 2014 року / гол. ред. А.І. Босенко. – Одеса: Юридична література, 2014. – Ч. 2. – С. 18-23.
- Дорофеева Е.Е. Современные представления о методах реабили-

литации и метаболической защиты спортсменов высокого класса [Текст] / Е.Е. Дорофеева, И.В. Карпенко // Теорія і практика фізичного виховання: Науково-методичний журнал. – Донець: ДонУ. – 2013. – № 2. – С. 133-138.

- Кашуба В.А. Профилактика и реабилитация в современном спорте: проблемы и пути их решения [Текст] / В.А. Кашуба, С.С. Люгайло // Методология, теория и практика в современной медицине, биологии, фармацевтике, ветеринарии: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 1 октября 2013). – Новосибирск: ООО агентство «Сибпринт», 2013. – С. 47-56.
- Макарова Г.А. Анализ факторов риска как основа профилактической спортивной медицины [Текст] / Г.А. Макарова, С.Ю. Юрьев // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2015. – № 4 (130). – С. 14-19.
- Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов: учеб. пособие / Л.В. Новиков. – Санкт-Петербург, 1999. – 152 с.
- Прянишникова О.А. Спортивная электронейромиография / О.А. Прянишникова, Р.М. Городничев, Л.Р. Городничева, А.В. Ткаченко // Теория и практика физ. культуры. – 2005. – № 9.
- Чашин М.В. Профессиональные заболевания в спорте: научно-практические рекомендации / Р.В. Константинов, М.В. Чашин. – М.: Советский спорт, 2010. – 176 с.: ил.
- Челноков В.А. Инновационные пути медицинской профилактики болезней позвоночника в спорте высших достижений [Текст] / В.А. Челноков // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 4. – С. 93-96.

#### References

- Babaev M.A. Osobennosti professional'noy sportivnoy deyatel'nosti i risk razvitiya uskorenogo stareniya (Features of professional sport activity and risk of accelerated aging) / M.A. Babaev et al. // Uspekhi gerontologii. – 2010. – № 4. – P. 652-656.
- Vlasova S.V. K voprosu o sportivnom dolgoletii (Sport longevity) / S.V. Vlasova // Zdorov'e dlya vseh: Mater. V mezhduar. nauch.-prakt. konf., Pinsk, 25-26 aprelya 2013 g.: v II ch. (Health for All: Proc. V Intern. res.-pract. conf. Pinsk, April 25-26, 2013; in 2 parts) / National Bank of the Republic of Belarus [et al.]; ed. K.K. Shebeko [et al.]. – Pinsk: PolesSU, 2013. – V. II. – P. 153-156.
- Vlasova S.V. Neyrofiziologicheskie aspekty adaptatsii sportsmenov k fizicheskoy nagruzke (Neurophysiological aspects of athlete's adaptation to physical activity) / S.V. Vlasova, V.V. Shantarovich, E.G. Kallaur // Adaptatsiyni mozhlivosti ditey ta molodi: materialy X Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii, prisvyachenoi 95-richchyu utvorenniya kafedri biologii i osnov zdorov'ya PNPu imeni K.D. Ushinskogo, Odesa, 11-12 verasnya 2014 roku (Adaptive opportunities of children and youth: Proc. X International res.-pract. conference devoted to the 95-year anniversary of department of biology and health foundations in Ushinskiy PNPu, Odessa, 11-12 verasnya 2014) / Ch. ed. A.I. Bosenko. – Odessa: Yuridichna literatura, 2014. – V. 2. – P. 18-23.
- Dorofeeva E.E. Sovremennyye predstavleniya o metodakh reabilitatsii i metabolicheskoy zashchity sportsmenov vysokogo klassa (Modern ideas of methods of rehabilitation and metabolic protection of elite athletes) / E.E. Dorofeeva, I.V. Karpenko // Theory and practice of physical education. – Donetsk: DonNU. – 2013. – № 2. – P. 133-138.
- Kashuba V.A. Profilaktika i reabilitatsiya v sovremenno sporte: problemy i puti ikh resheniya (Prevention and rehabilitation in modern sport: problems and solutions) / V.A. Kashuba, S.S. Lyugaylo // Metodologiya, teoriya i praktika v sovremennoy meditsine, biologii, farmatsevtike, veterinarii: Mater. Mezhduar. nauch.-prakt. konf. (Methodology, the theory and practice of modern medicine, biology, pharmacy, veterinary medicine: Proc. Intern. res.-pract. conf. (Novosibirsk, Russia, October 1, 2013). – Novosibirsk: Sibprint, 2013. – P. 47-56.
- Makarova G.A. Analiz faktorov riska kak osnova profilakticheskoy sportivnoy meditsiny (Analysis of risk factors as basis for preventive sport medicine) / G.A. Makarova, S.Yu. Yurev // Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina. – 2015. – № 4 (130). – P. 14-19.
- Novikov L.V. Osnovy veyvlet-analiza signalov: ucheb. posobie (Basics of signal wavelet analysis: study guide) / L.V. Novikov. – St. Petersburg, 1999. – 152 p.
- Pryanishnikova O.A. Sportivnaya elektroneuromiografiya (Sport electroneuromyography) / O.A. Pryanishnikova, R.M. Gorodnichev, L.R. Gorodnichenova, A.V. Tkachenko // Teoriya i praktika fizicheskoy kultury. – 2005. – № 9.
- Chashchin, M.V. Professional'nye zabolevaniya v sporte: nauchno-prakticheskie rekomendatsii (Occupational diseases in sport: research and practice advice) / R.V. Konstantinov, M.V. Chashchin. – Moscow: Sovetskiy sport, 2010. – 176 p.: il.
- Chelnokov V.A. Innovatsionnye puti meditsinskoy profilaktiki bolezney pozvonochnika v sporte vysshikh dostizheniy (Innovative methods of medical prevention of spine diseases in elite sport) / V.A. Chelnokov // Vestnik sportivnoy nauki. – 2008. – № 4. – P. 93-96.